

MANUFACTURE OF MICRO-PUMP AND MICRO-VALVE

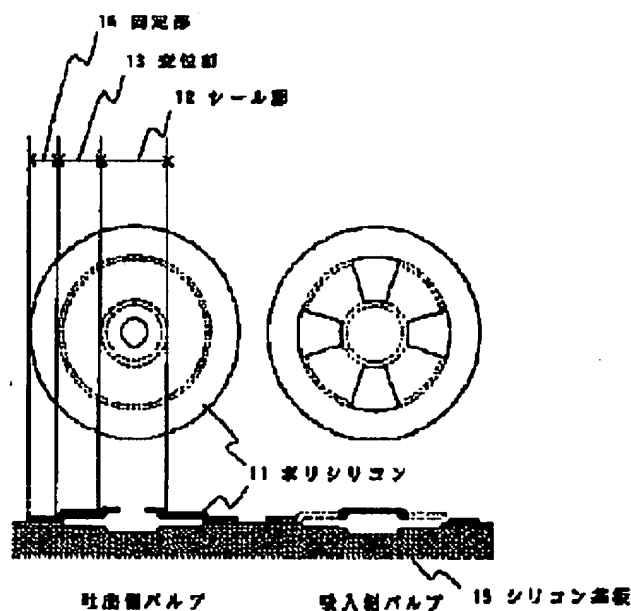
Patent number: JP5001669
Publication date: 1993-01-08
Inventor: ARAKAWA KATSUHARU
Applicant: SEIKO EPSON CORP
Classification:
 - international: **F04B9/00; F04B43/04; F04B9/00; F04B43/02; (IPC1-7): F04B9/00; F04B43/04**
 - european:
Application number: JP19910150306 19910621
Priority number(s): JP19910150306 19910621

Report a data error here

Abstract of JP5001669

PURPOSE: To provide valve manufacturing method which can make a pump small in size and can be integrated only with each single surface processed while being capable of being commonly used with the manufacturing processes of a semiconductor by providing a constitution with a discharge side valve providing a fluid pass through hole for the seal section, a suction side valve providing a pass through hole at the displacement section, and with one more basement having valve functions while being brought into contact with the seal sections of both the valves.

CONSTITUTION: A discharge side valve and a suction side valve in which diaphragms are made of polysilicone 11, are made up of each seal section 12, each diaphragm section 13, and of each stationary section 14. The valve provided with a through hole at its seal section, prevents fluid from flowing reversely from the outside of the pump, and the valve provided with a flow path at its diaphragm section, prevents fluid from flowing reversely from the inside of the pump. Both the valves thereby act as the discharge side valve and the suction side valve respectively. In a micro-pump, the seal sections of the discharge side valve and the suction side valve are formed in position while being projected to the side of one more basement beyond the joining surface between the basement and the one more basement, so that the valves are pressurized preliminarily. And the circumferences of the seal sections of the discharge side valve and the suction side valve are formed so as to be higher in height than the center section.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Family list

1 family member for:

JP5001669

Derived from 1 application.

[Back to JP5](#)

1 MANUFACTURE OF MICRO-PUMP AND MICRO-VALVE

Publication Info: **JP5001669 A** - 1993-01-08

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-1669

(43) 公開日 平成5年(1993)1月8日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 4 B 43/04	B	2125-3H		
9/00	B	2125-3H		

審査請求 未請求 請求項の数5(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平3-150306

(22) 出願日 平成3年(1991)6月21日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 荒川 克治

長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコー

エプソン株式会社内

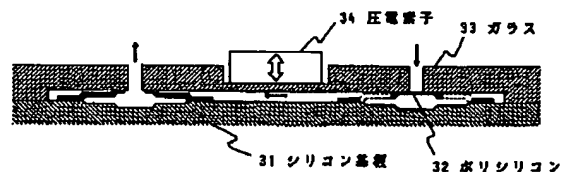
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

(54) 【発明の名称】 マイクロポンプ及びマイクロバルブの製造方法

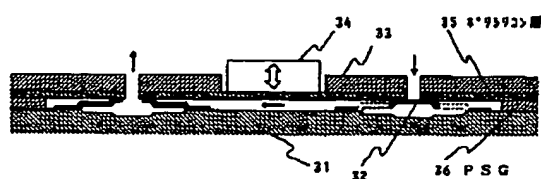
(57) 【要約】

【目的】 S i 基板の片面加工のみで製造し、ポンプの小型化及び集積化を可能とするマイクロポンプとそのマイクロバルブ製造方法を提供する。

【構成】 本発明は窒化膜を選択的酸化的マスクとして酸化膜を成長させて犠牲層とし、この犠牲層上に金属またはポリシリコンの薄膜を形成し、エッチングにより犠牲層である酸化膜を除去することによって、金属またはポリシリコンのダイヤフラムを形成しマイクロバルブを構成することを特徴とする。



(a)



(b)

(2)

2

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 S1基板上に形成された薄膜からなり、シール部、変位部、固定部を有するマイクロバルブにおいて、流体が通過するための貫通孔がシール部に形成される吐出側バルブと、該貫通孔が変位部に形成される吸入側バルブと前記吐出側バルブ及び吸入側バルブのシール部と接してバルブ機能をもたらすもう一つの基板を備えることを特徴とするマイクロポンプ。

【請求項2】 a) 基板上に窒化膜を形成する工程と、
b) 前記窒化膜上にフォトリソグラフィ技術によりレジストパターンを形成し、フォトリソグラフィをマスクとして窒化膜の一部をエッチングする工程と、
c) 前記窒化膜をマスクとして、選択的熱酸化により酸化膜を形成する工程と、
d) 前記窒化膜エッチング、選択的熱酸化を1回あるいは数回繰り返した後、前記基板上に金属またはポリシリコンの薄膜を形成し、前記薄膜をパターンニングする工程と、
e) 前記酸化膜を除去する工程とによって、ダイヤフラム構造を形成することを特徴とするマイクロバルブの製造方法。

【請求項3】 吐出側バルブ及び吸入側バルブのシール部の位置を前記基板と前記もう一つの基板の接合面より前記もう一つの基板側に突出して形成し、バルブに予圧を与えたことを特徴とする請求項1記載のマイクロポンプ。

【請求項4】 吐出側及び吸入側バルブのシール部の周囲を中央部より高く形成したことを特徴とする請求項1記載のマイクロポンプ。

【請求項5】 S1基板上に不純物ドーピングして形成した半導体電極とマイクロバルブを構成する前記S1基板上に形成された金属又はポリシリコンとの間の静電容量の変化を流量の変化として検出する流量センサーを備えることを特徴とするマイクロポンプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、微小流量の精密な流体制御が必要とされる医療、分析等の分野での活用が期待されているマイクロポンプの構造及びマイクロポンプで用いられるマイクロバルブ製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、注目されているマイクロマシニングは、半導体製造技術として培われてきたフォトリソグラフィ、エッチング等の微細加工技術を駆使し、各種センサー、デバイスを作製する技術であり、圧力センサー、加速度センサー等が実際に作製されている。また、酸化膜を犠牲層として可動部を作製し、基板上にギヤ、静電モーター等の機械的なものを作製することが試みられている。

【0003】 従来のマイクロマシニング技術によるマイ

クロポンプは、基本的に図7に示すような構造を有している。その構造は、シリコン基板71を両面からエッチングしてダイヤフラム部、バルブ部を形成し三次元構造に加工した後、このシリコン基板71をガラス基板72で挟み込み、陽極接合法等で接合一体化することにより、流路とバルブを形成するものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来技術では、S1基板を水酸化カリウム溶液等により両面からエッチングすることによりダイヤフラムを形成するため、ポンプ自体の小型化、ダイヤフラムの薄膜化に限界あり超微量流量の制御に限界があるという問題点を有している。また、ポンプとその制御回路を半導体製造方法により同一基板上に製造しようとする場合、前述のようにその工程が全く異なるため個々に製造せねばならず、工程数が多くなる問題点を有している。

【0005】 そのほか、従来のマイクロポンプ製造は基板の両面加工であるため、基板の片面加工である従来の半導体製造装置をそのまま流用することが難しく、製造装置の改造あるいは新たな製造装置開発が必要とされるという問題点と、エッチングにより基板が割れ易くなるため、集積化、基板の大型化が難しいという問題点があり、量産性に問題があった。

【0006】 そこで本発明は、片面加工のみで製造し、ポンプの小型化及び集積化、半導体製造工程との工程の共通化を可能とするマイクロポンプ製造に適したバルブの製造方法を提供することを目的とする。

【0007】 そして、本発明のもうひとつの目的は、逆流等の問題がなく精密に流量を制御できる信頼性のあるポンプを作製できるマイクロポンプのバルブを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 (1) 本発明のマイクロポンプはS1基板上に形成された薄膜からなり、シール部、変位部、固定部を有するマイクロバルブにおいて、流体が通過するための貫通孔がシール部に形成される吐出側バルブと、該貫通孔が変位部に形成される吸入側バルブと前記吐出側バルブ及び吸入側バルブのシール部と接してバルブ機能をもたらすもう一つの基板を備えることを特徴とする。

【0009】 (2) 又、本発明のマイクロバルブの製造方法は、

a) 基板上に窒化膜を形成する工程と、
b) 前記窒化膜上にフォトリソグラフィ技術によりレジストパターンを形成し、フォトリソグラフィをマスクとして窒化膜の一部をエッチングする工程と、
c) 前記窒化膜をマスクとして、選択的熱酸化により酸化膜を形成する工程と、
d) 前記窒化膜エッチング、選択的熱酸化を1回あるいは数回繰り返した後、前記基板上に金属またはポリシリ

コンの薄膜を形成し、前記薄膜をパターニングする工程と、

e) 前記酸化膜を除去する工程とによって、ダイヤフラム構造を形成しマイクロバルブの製造することを特徴とする。

(3) 又、前述のマイクロポンプにおいて、吐出側バルブ及び吸入側バルブのシール部の位置を前記基板と前記もう一つの基板の接合面より前記もう一つの基板側に突出して形成し、バルブに予圧を与えることを特徴とする。

【0010】(4) 又、前述のマイクロポンプにおいて、吐出側及び吸入側バルブのシール部の周囲を中央部より高く形成することを特徴とする。

【0011】(5) 又、本発明のマイクロポンプはS1基板に不純物ドーピングして形成した半導体電極とマイクロバルブを構成する前記S1基板上に形成された金属又はポリシリコンとの間の静電容量の変化を流量の変化として検出する流量センサーを備えることを特徴とする。

【0012】

【作用】酸化膜を選択的酸化のマスクとして酸化膜を成長させて犠牲層とし、この犠牲層上に金属またはポリシリコンの薄膜を形成し、エッチングにより犠牲層である酸化膜を除去することによって、金属またはポリシリコンのダイヤフラムを形成しバルブを構成する。

【0013】上述のバルブでシール部に貫通孔を設けたものがポンプ外からの逆流を防ぐ働きをし、ダイヤフラム部に流路を設けたものがポンプ内からの逆流を防ぐ働きをするため、それぞれ吐出側バルブ、吸入側バルブになる。

【0014】そして、吐出側あるいは吸入側のバルブのシール部のシリコン基板からの位置をシール部がガラス基板と接する位置より高く形成しておくことによって、ポンプとして組み立てたときに、バルブの変位部ダイヤフラムの変位が大きくなり、その大きさだけバルブにかかる予圧が大きくなり、逆流を減らすことが出来る。また、バルブシール部全面で面接触によりシーリングするよりもシール部の周りを中央部より高く形成し、シール部周囲でシーリングする方が、シーリング性が高まる。

【0015】さらに、ポンプを流れる流体の流量によりバルブの変位量が変化するため、変位量を基板とバルブに形成した電極間の静電容量の変化として検出することによって流量を測定できる。

【0016】

【実施例】

(実施例1) 本発明によるところのマイクロポンプのバルブ構造を図1に示す。吐出側バルブ、吸入側バルブはポリシリコン11をダイヤフラム素材とし、それぞれシール部12、変位部13、固定部14で構成されている。その製造方法を例として本発明のマイクロバルブの製造方法を図2に示す工程断面図によって詳細に説明す

る。

【0017】まず図2(a)のごとくシリコン基板21上に減圧CVDにより窒化膜22を1ミクロンの厚さで形成し、レジストを塗布、パターニング後、レジストをマスクとしてCF₄をエッチャントとしたドライエッチングを行い、窒化膜22の一部を除去する。次に図2(b)のごとく酸化温度摂氏1100度、酸化時間16時間の常圧水蒸気酸化により、窒22をマスクとした選択的酸化を行い、酸化膜23を3ミクロンを成長させる。

【0018】次に再びレジスト塗布、パターニングを行い、ドライエッチングにより図2(c)のごとく窒化膜22の一部を除去する。そして図2(d)のように酸化温度摂氏1100度、酸化時間5時間の常圧水蒸気酸化により再び選択的酸化を行い、段差を有する酸化膜23を形成する。このとき2回目の酸化で未酸化の部分では1.5ミクロンの酸化膜が成長し、1回目に既に酸化されている部分は0.3ミクロン酸化膜が成長し膜厚が3.3ミクロンになる。次に図2(e)のごとく窒化膜22を摂氏180度の熱リン酸により全面エッチングする。

【0019】それから、ポリシリコン24を常圧CVDにより1ミクロン成膜し、レジスト塗布、パターニングで形成したレジストパターンをマスクとしてCF₄をエッチャントとしたドライエッチングを行い、図2(f)のようにバルブ形状を形成する。

【0020】最後にバッファードフッ酸水溶液(組成体積比、フッ酸(50重量%):フッ化アンモニウム(40重量%)=1:6)により酸化膜23をエッチング除去し、図2(g)のごとくポリシリコンのバルブを形成する。このとき酸化膜上に形成した薄膜をダイヤフラム構造とするためには、犠牲層である酸化膜がエッチング液に接している必要があり、図1に示すバルブ構造がこの製造方法に適した構造でもある。

【0021】(実施例2) 本発明によるマイクロバルブを用いてマイクロポンプを構成したときの実施例を図3(a)及び図3(b)に示す。図3(a)はエッチング加工したガラス基板を使用しマイクロポンプを構成した場合の実施例である。シリコン基板31上に上述の実施例1のごとくバルブを形成し、これと流路およびダイヤフラムをエッチングにより形成したガラス基板33を隔極接合等により接合しポンプを作製する。ポンプの駆動はガラスのダイヤフラムに張り付けた圧電素子34により行う。また、静電力、熱膨張力による駆動も可能である。駆動用ダイヤフラムがポンプ内容量を増加させる方向に変位したとき、ポンプ内の圧力が下がり吸入側バルブが開きポンプ内に流体が流れ込む。そして、駆動用ダイヤフラムが逆方向に変位したとき、吐出側バルブが開きポンプ内の流体が吐出する。

【0022】図3(b)は駆動用ダイヤフラムの薄膜

化、小型化を図ってマイクロポンプを作製した実施例である。基板に張り合わせるガラス基板33を次のように作製した。薄ガラスにポリシリコン層35を減圧CVDにより5ミクロン成膜し、さらに減圧CVDによりPSG(リンシリケートガラス)36を成膜したのち摂氏1000度で1時間加熱処理し、PSG36の膜厚を2.5ミクロンにした。ポリシリコン層及びPSGを成膜したガラス基板を両面からAu-Crをマスクとしてパフファードフッ酸によりエッチングし、ガラス基板に流路およびダイヤフラムを形成した。ポリシリコン層がエッチストップとして働くため流路の深さを正確に制御できる利点がある。そしてダイヤフラムと流路を形成したガラス基板33とマイクロバルブを形成したS1基板を陽極接合した。作製したポンプのガラス基板側ポリシリコンダイヤフラムに圧電素子を張り、ポンプを駆動させたところ前述の図3(a)のポンプより、駆動電圧を60%低下させることが出来た。図3(b)のポンプの場合、ポリシリコン層35とシリコン基板31に電位を加えることによって、駆動用ダイヤフラムの静電引力による駆動ができる。静電引力で駆動させる場合、ポリシリコン層35とシリコン基板31の間のバルブを介したリーク電流が流れるため、バルブ固定部とシリコン基板の間に窒化膜等の絶縁膜を形成しておく必要がある。

【0023】(実施例3) 実施例2のポンプにおいてバルブに予圧を与えるためには、バルブシール部の位置をシール部がガラス基板と接する位置よりガラス基板側になるように予めシール部の位置をシール部がガラス基板と接する位置より高く形成すればよい。シリコン基板とガラス基板を接合したときバルブの変位部が変形し、このバルブの変位によってバルブに予圧を付与できる。さらにシリコン基板からのバルブのシール部の位置を変えることによって予圧量をコントロールでき、また吸入側バルブ、吐出側バルブの各々に異なる予圧を付与することもできる。例えば吐出側バルブにさらに予圧を付与する場合、実施例1に示した製造方法の一部を変更し、熱酸化により成長させる酸化膜の厚さを変えればよく、その変更点を図4により詳細に説明する。シリコン基板41上に窒化膜42を減圧CVDにより成膜したのち、吐出側バルブを形成する部分の窒化膜42の一部を図4(a)のごとくドライエッチングにより除去する。窒化膜42をマスクとして選択的熱酸化を行い図4(b)のごとく酸化膜43を成長させる。このときの酸化膜43の厚さで吐出側バルブの予圧を付与するのに必要な高さを調節する。続いて吸入側バルブを形成する部分の窒化膜42も図4(c)のごとくドライエッチングにより除去し、選択的熱酸化(図4(d))以降の工程は実施例1と同様である。そして図4(e)に示すようにシール部の位置の異なる入吐出バルブを製造できる。

【0024】また、実施例1において一回目の酸化が終わったところで、吸入側バルブを形成する部分の酸化膜

の表面をレジストで覆った後、吐出側バルブを形成する部分の酸化膜をフッ酸水溶液により一部をエッチングすることによっても、同様に高さの異なる吸入及び吐出バルブを製造できる。

【0025】吐出側バルブを吸入側バルブより0.25ミクロン高くしてマイクロポンプを構成した場合と高さを変えないでマイクロポンプを構成した場合とで、その吐出量を比較評価してみたところ、前者では $0.01 \pm 0.0015 \text{ mm}^3 / \text{min}$ の吐出量が後者では $0.01 \pm 0.0007 \text{ mm}^3 / \text{min}$ であった。高さを変えて吐出側バルブに予圧を付与したポンプの方が吐出量の変動が少なく、これはポンプ内への逆流を減らすことができたためである。

【0026】(実施例4) 吸入側バルブのシール部の周りに環状の突起を形成した場合の実施例を図5において説明する。前記載実施例1のマイクロポンプの製造方法において、一回目の選択的熱酸化により酸化膜51を形成したのち、フッ酸水溶液にてエッチングを行うと図5(a)のごとく酸化膜51がエッチングされる。この後、熱酸化、窒化膜除去と実施例1に示したのと同様な工程を経たのち、図5(b)に示す様な形状になる。この上にポリシリコン54を減圧CVDにより成膜し酸化膜51をパフファードフッ酸水溶液にてエッチング除去すると、図5(c)のようにシール部の周りを中央部より高くしたバルブを形成することが出来る。吐出側バルブにおいてもシール部の周りを中央部より高くしたバルブを同様に形成できる。シール部の周りを高く形成していないシール部がフラットなバルブは、シール部が微妙に凸方向に湾曲する傾向があることと、流路としてガラスに開けた穴の近傍が、穴明け加工時の返り等により完全に平坦ではないことにより、バルブの密着性が悪かった。そこでシール部の周りを中央部より高くしたことでバルブの密着性を向上させることができた。実際にシール部の周りを中央部より高く形成した吸入側バルブと形成しない吸入側バルブで逆流量を測定しシール性を比較評価したところ、流量が $0.01 \text{ mm}^3 / \text{min}$ のとき5%あった逆流が2%に減少した。

【0027】(実施例5) 吸入側バルブに流量センサーを形成した場合の実施例を図6に示す。流量センサーは、シリコン基板61とポリシリコン62のダイヤフラムにリン元素をドーピングすることによって半導体電極を形成することによって構成した。ダイヤフラムの変位による電極間の距離の変化を電極間の電気容量として検出することによって流量を知ることができる。

【0028】製造方法を以下に説明する。基板を熱酸化し全面に酸化膜を形成したのち、フォトリソグرافィによりリンを拡散する部分を開口する。レジストをマスクとしてフッ酸によるエッチングにより酸化膜をパターニングする。レジストを熱硫酸で剥離したのち酸化膜をマスクとしPOCl₃を拡散

7

源としてリンをドーブルn型半導体領域（下部n型半導体電極63）を形成する。次に酸化膜をフッ酸により除去した後で窒化膜を減圧CVDにより形成する。以下ポリシリコンを成膜するまでの工程は実施例1で示した製造方法通りに行う。ただ、窒化膜65を絶縁膜として残すため、窒化膜65を除去しないでポリシリコンを成膜する。ポリシリコン層上にレジストをコートし上部n型半導体電極64を形成する領域をパターニングしたのち、イオン注入によりリンをドーブルする。レジストを剥離、再びレジストをコート、パターニングしたのちドライエッチングによりポンプ形状を形成する。さらにレジストパターニングを行い窒化膜に基板側の半導体電極とのコンタクトをとるための穴を開けた。次にリフトオフ法によりアルミ配線66をした。最後にフッ酸により酸化膜を除去しバルブを形成した。

【0029】センサー付き吸入側バルブでマイクロポンプを構成し、 N_2 ガスを流して試験したところ、流量によって下部n型半導体電極63と上部n型半導体電極64の間の静電容量が変化することが確かめられた。

【0030】

【発明の効果】本発明により、 $0.01\text{mm}^3/\text{min}$ の微小流量の制御を可能とすることができる。また、基板片面のみの加工で製造できるので、半導体製造で用いられている基板材料を使用し半導体製造ラインをそのまま転用することで、制御回路との同時形成も可能であることから、集積化が容易であり、従来の半導体製造装置での大量生産を可能にできる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例であるバルブ構造を示す上面図及び断面図である。

【図2】本発明のマイクロバルブ製造方法を示すプロセス断面図である。

【図3】本発明のマイクロポンプの構造図である。

【図4】本発明によるところの吐出側バルブへの予圧付与を説明するプロセス断面図である。

【図5】本発明によるところのシール部の周囲を中央部より高く形成する方法を説明するための断面図である。

【図6】本発明によるところの流量センサー機能を有す

8

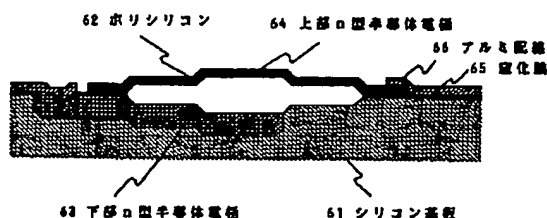
るマイクロバルブの断面図である。

【図7】従来のマイクロポンプの構造を示す断面図である。

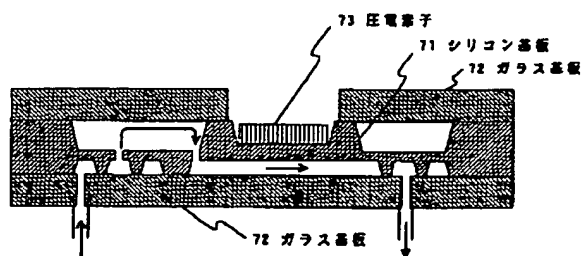
【符号の説明】

- | | |
|----|-----------|
| 11 | ポリシリコン |
| 12 | シール部 |
| 13 | 変位部 |
| 14 | 固定部 |
| 15 | シリコン基板 |
| 21 | シリコン基板 |
| 22 | 窒化膜 |
| 23 | 酸化膜 |
| 24 | ポリシリコン |
| 31 | シリコン基板 |
| 32 | ポリシリコン |
| 33 | ガラス |
| 34 | 圧電素子 |
| 35 | ポリシリコン層 |
| 36 | PSG |
| 41 | シリコン基板 |
| 42 | 窒化膜 |
| 43 | 酸化膜 |
| 44 | ポリシリコン |
| 51 | 酸化膜 |
| 52 | 窒化膜 |
| 53 | シリコン基板 |
| 54 | ポリシリコン |
| 55 | ガラス基板 |
| 61 | シリコン基板 |
| 62 | ポリシリコン |
| 63 | 下部n型半導体電極 |
| 64 | 上部n型半導体電極 |
| 65 | 窒化膜 |
| 66 | アルミ配線 |
| 71 | シリコン基板 |
| 72 | ガラス基板 |
| 73 | 圧電素子 |

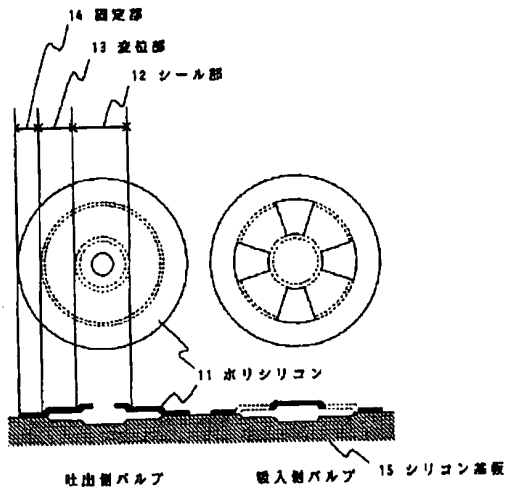
【図6】



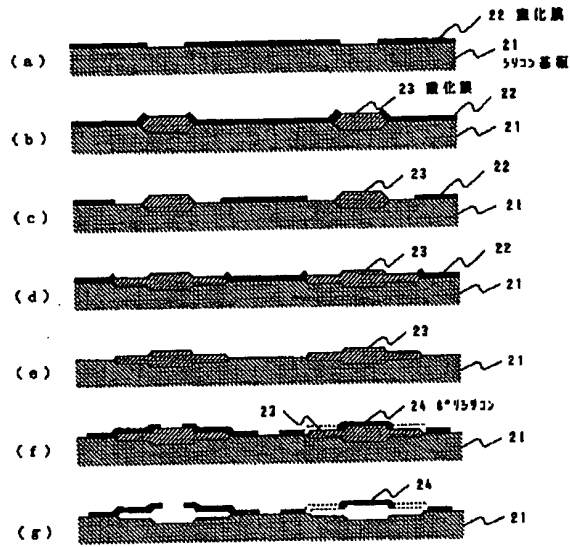
【図7】



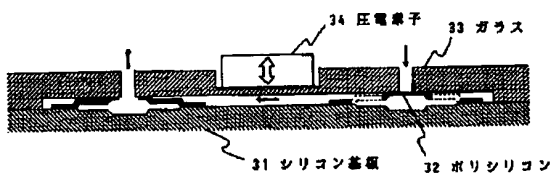
【図1】



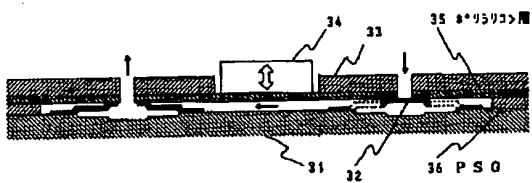
【図2】



【図3】

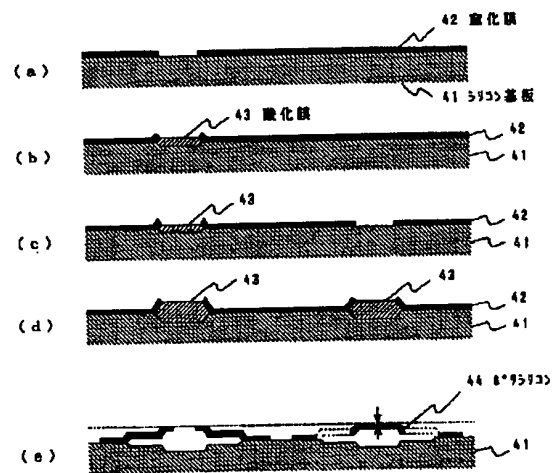


(a)

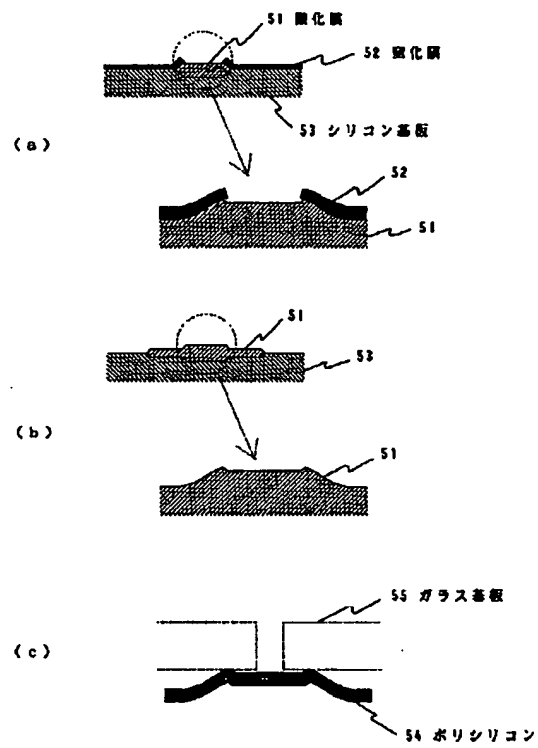


(b)

【図4】



【図5】



THIS PAGE BLANK (USPTO)